PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2003-057691

(43) Date of publication of application: 26.02.2003

(51)Int.CI.

G02F 1/35 HO1S 3/094 HO1S H04B 10/ H04B 10/18 H04J 14/00 H04J 14/02

(21)Application number: 2001-244798

(71)Applicant: FUJITSU LTD

(22)Date of filing:

10.08.2001

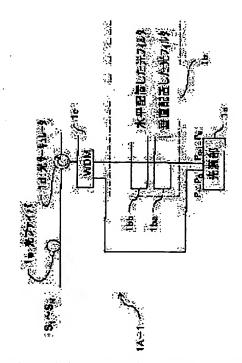
(72)Inventor: TANAKA TOSHIKI

NAITO TAKAO

(54) RAMAN AMPLIFIER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress transmission. characteristic deterioration due to linear crosstalk and nonlinear crosstalk while making transmission capacity to be mass as a device to be mixed within a band where signal light and excitation light exist in a Raman amplifier suitable to be used in an optical transmission system. SOLUTION: This Raman amplifier for amplifying wavelength multiple signal light obtained by applying wavelength multiplexing to a plurality of pieces of signal light with information superimposed thereon is provided with a light source part 1a for generating excitation light. where a plurality of kinds of wavelengths are arranged including the band of the wavelength multiple signal light, for amplifying the wavelength multiple signal light, a transmission path 1e for propagating the wavelength multiple signal light and the excitation light from the light source part and amplifying the wavelength multiple signal light, excitation light supplying means 1c and 1d for supplying the excitation light to the transmission path,



and also a filtering means 1b for narrowing spectrum broadening of the excitation light arranged within the wavelength band of the wavelength multiple signal light and outputting the narrowed spectrum broadening to the excitation light supplying means.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

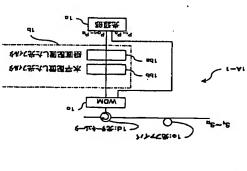
(43)公開日 平成15年2月26日(2003.2.28) (P2003-57691A) 梅爾2003-57691 (11)特許出限公開番号 特許公報(A) 噩 ধ 8 (18)日本国物部(1 P)

				i				1
热性 耳に絞く	OL (全19月)	OL	客空前求 未前来 助求項の数 5	本位本	を登りま			
	×						10/02	H04B
5K002	•			H04B			5/14	
5 P O 7 3			5/14				9/30 3/30	
5F072	2		02/S	H018			3/09	H01S
2K002	501			G02F		501	₹ 38	G02F
F-73-1 (\$04)	ú.			P 1		机制配件		(51) Int.Q.

(21)出版合	(\$10001 - 24478(P2001 - 24479)	(71) 出国人 0000523	000005223
			古士函株式会社
(22) digit	平成13年8月10日(2001.8.10)		存免们员们婚市中原区上小田中4丁目1番
			1.5
		(72) 鸦明省	田中俊俊
			特索川県川崎市中原区上小田中4丁目1部
	•		1号 富士商株式会社内
		(72)発明者	大學 集的
			神教川県川崎市中原区上小田中4丁目14
			1年 位土超株式会社内
		(74) 代型人 100092978	100092378
			弁理士 其田 有
			品格買に扱く

カトン和合図 (54) (96円の名称)

竹如器において、信号光及び励起光がある帯域内に固在 させる配因として伝送容量の大容量化を図りつつ模形ク ロストークおよび非似形クロストークによる伝送特性の 「収毀」 先伝送システムにおいて用いて好函なラマン (存正有) 名化を哲証する。 | 解決手段| 情報を載せた複数の信号光が被長多重され **た彼氏多瓜信号光を増幅するラマン増幅器であって、彼 最多質問母光の部域を含んで複数種類の波長が配配され** て、彼長多重信号光を増加するための励起光を生成する 光辺師1gと、波長多虫信号光ねよび光辺部からの励起 **励起光を伝送路に供給する励起光供給手段1c,1dと** をそなえるとともに上記波長多重信号光の波長帯域内に 配宜された固起光のスペクトル広がりを狭くし数励起光 供給手段に出力するフィルタ手段1bをそなえて栩成す 光を伝放して波及多度信号光を増幅する伝送路1eと



「的水項」 | 情報を載せた複数の個母光が波長多属さ を生成する光弧部と 特件的状の範囲」

上記励超光を眩伝送路に供給する励超光供給手段とをそ

上配放長多項佰号光および散励起光供給手段からの励起 光を伝搬して上配波長多無信号光を増加する伝送路とを そなえるとともに、

上配波長多位信号光の帯域を含んで複数粗類の彼長が配 因されて、上記彼長多風信号光を始結するための励起光 れた彼氏多瓜信号光を増加するシャン指指語であった。

上田波長多国信号光および散光顔部からの面包光を伝数 して上記彼長多瓜間母光を増幅する伝送路と、 放光原師にて生成された励起光について、上配波長多瓜 がりを狭くして紋励起光供給手段に出力するフィルタ手 段をそなえて協成されたことを特徴とする、ラマン増値 命与光の彼兵権ななに配囚された励起光のスペケール氏

域外に配置された第2励起光を生成する第2励起光弧と 「的女母2」 散光原部が、散波長多虫信号光の波長帝 **成内に配囚された第1節超光を生成して散フィルタ手段** に出力する第1節包光顔と、散波長多型信号光の波長格 をそなえるとともに、

2

放励起光供給手段が、散フィルタ手段にてスペクトル広 かりが狭くされた上記第1励起光と、 故算2励起光쟁か 5の上記第2励起光とを合彼する合液器と、酸合液器に て合波された励起光を後方励起光として上記伝送路に供 給する第1光学手段とをそなえて保成されたことを特徴 とする、前水項1記載のラマン均価器。

「前水項3」 数光函節が、散波及多盘信号光の波及符 成外に配置された第2励起光を生成する第2励起光弧と 域内に配図された第1励起光を生成して散フィルタ手段 に出力する第1個起光数と、飲液長多皿倡与光の液長帯 をそなえるとともに、 数励起光供給手段が、数フィルタ手段にてスペクトル広 かりが狭くされた上記第1励起光を向方励超光として上 記波長多塩信号光に合放させる第2光学手段と、 敗第2 断起光弧にて生成された上配第2 励起光を役方励起光と して上配伝送路に供給する第3光学手段とをそなえて格 或されたことを特徴とする、 脚水項1配銭のラマン増幅 「即次項4 】 作組を載せた複数の信号光が波長多瓜さ 上田波長多瓜信号光の荷城を含んで位数短知の波長が配 区されて、上記波長多虫信号光を増幅するための励起光 れた彼長多以信号光を増幅するラマン増幅器であって、 を生成する光顔部と、

上記励起光を放伝送路に供給する励超光供給手段と、

数光쟁部にて生成される励起光の波長について可変制御 する可変制御手段をそなえて構成されたことを特徴とす

8

「館水項5」 数可変制御手段が、上町励組光の被長に しいて毎門自留きたは数回位的するように依成されたこ

物理2003-57681

3

(発明の属する技術分野) 本発明は、光伝送システムに Bいて用いて肝込な、ラマン均低器に関するものであ とを特長とする、前水項4配銭のラマン物位器。 [発明の詳細な説明] 0001

母を粗気信辱に変換し、retining (リタイミング) 、re 【従来の技術】 従来、 最極的の光伝送システムでは先信 エネレイティング)を行なり先再生中駐回を用いて伝送 を行っていた。現在では光信号を和気信号に変換するこ となく均価して中間する光情位語の英用化が迫んできて 89、光均低温を位形中能器として用いる光均位中単伝 shaping (リシェイピング) およびregenerating (リシ 当方式が検討されている。 (0002) ទ

用いられている光耳生中格器を、上述のどと8段形中程 **器としての光晳館中駐録に図8換えることにより、中穏** もに大幅なコストダウンが見込まれる。また、近年のネ うな光伝送システムの大容量化を収取する手法のひとつ として、1つの伝送略に2つ以上の異なる波根を持つ糸 個号を多度して伝送する彼長多道(WIN:Wavelength Di [0003]すなわち、このような光伝送システムにて 四内の部品点数を大包に削減し、旧位性を的保するとと 光伝送システムの大容量化が要求されているが、このよ ットワークを介して伝送される位他型の柏加に伴って、 Asion Multiplex) 名伝送方式が注目されている。

昭巻用いて2つ以上の異なる彼長を持つ光信号を印気 あり、値載で使コメトな辞成で、大谷戯かし段配的伝送 を英刄することが可能である。ところで、上述の先指位 1. 58 μ晶(L-band)が用いられる。上述のEDFA G-**旧号に変換することなく一括して竹組することが可能で** 中雄伝送システムの中雄昏としては、 例えばエルピウム 等(C-band)が用いられ、また、利容的域を収斂扱くソフ **月光波長荷城を併用することにより、80mm以上の符** 組み合わせた町東沿衛衛中租伝送方式においては、光切 5. EUFAの利仰故長信仰としては、例えば1. 55 µa [0004] MONSESS 方式之光切如中磁压送方式之を トしたの-EUFA (Gain shifted-EUFA)の利仰波集部域は り、C-bandはよびL-band向け合分波器を用いて2つの旧 ドーンファイン哲語型(EDFA)が一般的の形でもれてい Bracy がれにおいても30nm以上の彼長が位信があ はを状虫することも可能である。 ႙ \$

[0005] ところで、大容良長距回伝送システムを攻 が、この広帯域化を実現するために、近年、ラマン (Ra することが盛んに検討されている。ラマンが個は、先フ ァイバに励起光を与えることにより、その励起光の徴扱 ran)飲料を利用するラマン物質類を中間図として適用 男するためには信号光徴及得域畑の拡大が四段である

ば、1. 45μm帯の励起光波長に対し、そのラマン利 数よりも約13.2THz小さい函数数を利得ひーク光 母ピーク被長は約100nmシフトとした1.55mm よりも長波長剛に利得が得られるものである。励起光を 与える光ファイバの組成によって、例えば、励起光周波 周波数とすることができる。波長に換算すると、例え 持とすることができるのである。

ンシフト周波数を考慮して励起光波長を散定することが いて、「Y. Emori, et al., "100rm bandwidth flat gain Raman amplifiers pumped and gain-equalized b v 12- wavelength-channel WDM high power laser diod により、その利仰波長帯域幅として100m組度を確 盤野であるが、異なる発版中心被長を持つ複数の励起光 を用いることにより、ラマン増幅の利得波長特性を平坦 化することも可能である。たとえば、ラマン増幅器にお)に、励起光パワーねよびその発振波長を開整すること において増幅機能を実現するためには、このようなラマ [0008]ラマン増幅において要求された倡母光波長 OFC 99, FD19, 1999.J でも示されているよ

Aは励起光濶101. 合波器102Aねよび光ファイバ 103をそなえて構成され、図20化示すラマン増幅器 100日は図18に示すラマン増幅路100Aと同様の もK、光サーキュレータ102Bをそなえて構成されて [0007]図19. 図20は従来のラマン増幅器を示 すプロック図であり、図19に示すラマン増幅器100 励起光頭101および光ファイバ103をそなえるとと

レン枯竜路100A, 100Bにおいた、唇起光数10 合波器102Aまたは光サーキュレータ102Bは 上述の励起光P,~P,を信号光S,~S,とは逆の方向で 光ファイバ103上に伝放させる。これにより、信号光 102Aまたは光サーキュレータ102Bを通じて出力 [0008] ことで、この図19または図20に示すラ ~P.Kて後方励起されラマン増幅され、上述の合液器 S,~S,は、励起光頌101にて生成された励起光P, 1 は互いに異なる被長を有する励起光P,~P,を生成

この図21に示すように、信号光波長帯域と励起光 彼長帯域とが互いに乱在しないように波長が配置される 【0009】また、上述のラマン増幅器100A, 10 0 Bにおける信号光S,~S、および励起光P,~P,は、 図21に示すような波長配置の関係を有している。即

f4 = f2 + f3 - f1 ようになっている。 [0100]

にわが配置されるとともに彼長が心励起光成分がある場 でおよび「引は既存光の周波数である。例えば信号光 ことで、 f4は新たに発生する四光波視合光の周波数で、 f4 = 2f3 - f2

クトルという場合がある) P.~P.のうちの一部の励起 では、M本の励起光の波長スペクトル(以下、単化スペ * 【発明が解決しようとする課題】とのような従来のラマ ン増幅器において、伝送容量のさらなる大容量化を図る **ためには、信号光波長帯域幅を拡大させることが必要で** あるが、このために、例えば図22に示すように信号光 および励起光がある帯域内に固在させる配置とすること が考えられる。即ち、この図22に示す彼長配置におい ~S.のうちの一部の信号光のスペクトルS.~S.の特 光のスペクトルP。、、一P。が、借号光のスペクトルS。 域内に混在した波長配置となっている。

励起光がある帯域内において混在させる配置とした場合 しているため、信号光波長と励起光波長が混在して配置 される帯域1016においては、信号光波長として配置 される波長に、励起光の波長スペクトルと広く重なって には、以下に示すような線形クロストークねよび非線形 クロストークによる伝送特性の劣化を引き超こすという **専題がある。すなわち、励起光P.~P.の改長スペクト** [0011]しかしながち、上述のことき信号光および ルは、図23におけるP=-,に例示されるように、中心 被長 P.、、の長彼長側および短波長側に幅1018を有

よろラマン増幅を行なうと、信号光と戯なった励起光波 ても、図23のように励起光波長の帯域が倡号光の帯域 の一部と置なっている場合には、励起光が信号光と同方 向に進むため、励起光波長と重なり、上述の場合と同様 に稼形クロストークによって、信号光の光SA社を劣化さ 図20に示すラマン増幅器100Bと同様の後方励起に 長のレーリー散乱光が信号光と同一方向に伝搬すること により信号光の推音光となり、根形クロストークによっ て信号光の光Sv化を劣化させる。前方励起の場合におい [0012] この場合において、図24に示すように、

が非常に大きいため、信号光と励起光の間ねよび励起光 同士の間で四光波鴻合が生じる。具体的には、ラマン増 傾の励起光は信号光に比べると非常に大きいので、信号 光と励起光間で四光波混合が生じ、以下に示す非線形ク [0013]さちに、励起光に波長スペクトルが重なっ た盾号光は、以下のような非線形クロストークによって も光SN比が着しく低下する。すなわち、励起光パワー ロストークによる伝送特性を引き起こす。 8

[0014]四光波混合は、光周波数の混合により新た に発生する光であり、以下の式(1)又は式(2)に示 女条件式を満足する(図25参照)。

3

な光が発生する。この波長f4に信号光が配置されている 場合には、当政信号光の伝送特性の劣化を引き超こすこ 台においては、式(2)によって得られる波長4の新た

8

被組合により新たに発生した四光波組合光と既存の信号 る場合に、パワークロストークよりもはるかに大きな伝 既存の光パワー関値が非常に低い、即ち、中心被長から 権れた励起光氏分の光パワーによって、上述のごとき四 光波融合が発生することが考えられる。このような四光 光とのカート統領が光吹信義のスーメバンド特徴内に入 [0015]上述のことき四光放混合光が発生する際の 送特性劣化を引き起こし、MDM伝送に大きな影響を与え [0018]本発明はこのような際題に進み創案された もので、信号光および励起光がある帯域内に混在させる ークおよび非線形クロストークによる伝送特性の劣化を **配置として伝送容量の大容量化を図りつつ線形クロスト** 抑制することを目的とする。

[0017]

配波長多重信号光の帯域を含んで複数種類の波長が配置 手段とをそなえるとともに、散光调節にて生成された励 担光について、上記彼長多重信号光の彼長帯域内に配置 された固趋光のスペクトル広がりを狭くして数励趋光供 給手段に出力するフィルタ手段をそなえて構成されたこ ン増幅器は、情報を載せた複数の信号光が改長多重され 生成する光調都と、上記波長多重信号光および観光湖部 からの励起光を伝搬して上記波長多重信号光を増幅する 伝送路と、上記励起光を散伝送路に供給する励起光供給 【戦題を解決するための手段】このため、本発明のラマ **た波長多重信号光を増幅するラマン増幅器であって、上** されて、上記波長多重信号光を増幅するための励起光を とを特徴としている。

方面超光として上記伝送路に供給する第2光学手段とを ペクトル広がりが狭くされた上記第1励起光を前方励起 と、散算2励組光環にて生成された上記算2励起光を後 光として上記放長多重信号光に合波させる第1光学手段 とともに、故励起光供給手段が、数フィルタ手段にてス は、数光頭部が、較液長多重信号光の波長帯域内に配置 された第2励起光を生成する第2励起光源とをそなえる 第1励組光調と、飲波長多重信号光の波長帯域外に配置 された第1個超光を生成して散フィルタ手段に出力する 【0018】また、上述のラマン増幅器は、好ましく そなえて構成することもできる。

[0019]さちに、酸光調部が、敷液長多重信号光の 数長帯域外に配置された第2励起光を生成する第2励起 光湖とをそなえるとともに、数励起光供給手段が、酸フ 励起光とともに上記第2励起光を、後方励起光として上 記伝送路に供給する第3光学手段とをそなえて構成して 1ルタ手段にてスペクトル広がりが狭くされた上記第1 **数長帯域内に配置された第1版起光を生成して酸フィル** タ手段に出力する第1励起光潮と、較波長多重信号光の

Տ [0020]また、本発明のラマン増幅器は、情報を載

特開2003-57691

€

伝撒して上配液長多重信号光を増幅する伝送路とをそな えるとともに、散光週間にて生成される励起光の彼長に ついて可変制御する可変制御手段をそなえて構成された 幅するラマン増幅器であって、上記液長多重信号光の帯 域を含んで複数種類の波長が配置されて、上記波長多重 記励趋光を該伝送路に供給する励起光供給手段と、上記 被長多重信号光および戦励起光供給手段からの励起光を せた複数の信号光が被長多重された被長多重信号光を増 信号光を増幅するための励起光を生成する光쟁部と、

上記励起光の波長について将引制御客または変勵制御する [0021] この場合においては、故可変制御手段を、 ことを特徴としている。 ように構成してもよい。

유

る制限要因となる。

[0022]

【発明の実혜の形態】以下、図面を参照することによ り、本発明の実施の形態を説明する。

る増幅器11c、13gとして、または伝送路ファイバ 12上に介装された光増幅器12aとして用いることが 図1 は本発明の第1 実施形態にかかろラマン増幅器を示 AIは、情報を観せた複数の信号光S,~S,が遊長多重さ れた被長多重信号光をラマン増幅するものであるが、こ のラマン増幅器1Aは、例えば、図2に示す光伝送シス テム10における光送信機11,光受信機13内におけ ナブロック図であるが、この図1に示すラマン増幅器1 (81) 第1英徳形態の説明 てきるようになっている。 2

ラマン増塩器 1 1 cをそなえて構成され、ラマン増塩器 18-n. E/0変換部118-1~118-nかちの 送信光信号について合波(波長多型)し、波長多型光信 11 cでは合波器11 bからの波長多路信号光について [0023] ここで、この光伝送システム10の光送信 関11は、複数種類の送信信号を電気信号から光信号に 与として出力する合波器11b, および本発明にかかる 変換するE/O (Electric/Optic)変換部11a-1~1 ラマン増幅して、伝送路ファイバ12に送出する。

읎

り、伝送路ファイバ12を伝送される波長多重光信号が [0024] さちに、伝送路ファイバ12は、光送信機 | 1 と光受信機13とを接結し、光送信機11かち送出 される光信号について光受信機13に対して伝送するた めのものであって、この伝送路ファイバ12上には、本 発明にかかる少なくとも一つの(図2中においては5つ の) 増幅器12aが介装される。この増幅器12aによ 中継増幅されて後段に出力されるようになっているので

9

ついて分波器13b代て分波(波長分離)した後に、各 0/医変換部13c-1~13c-n化おいて電気信号 マン増幅器138をそなえるとともに、分波器13bお よび0/足変換部13c-1~13c-nをそなえ、ラ マン増価者13gにて受信物幅された波長多風光信号に [0025]また、光受信簿13は、本発明にかかるラ

3

特開2003-57891

宽换する.

【のの28】ところで、この図は示すラッンが信号に Aは、時候対象の改長多点光信号の帯域を含んで位数ロ 知の彼長が配置された励起光を用いつつ部形クロストー かおよび弁敏形クロストークによる伝送特性の劣化を抑 飼すろため、詳細には光顔等1 a, 光フィルタ1 b, W DM会被器1 c, 光サーキュレータ1 はおよび光ファイバ1 eをそなえて領成されている。

[0027] CCで、光部部1 aは、波及多益信号先の都格を含んで放散四類の波長が配置されて、上記波長多瓜日分を中地部するための配送来を生成するものであるが、この励技化は、M本の等同程に居立された数長スペクトルや、~ P。そ付してなるものである(以下、「励起光」は、当財励起光が打する改長スペクトルの記号P、~ P。を付して放むするととする)。

[0033] 具体的には、光フィルタ1 bは、各励超光

2

(0028)また、励起光ド,~P.のうちの一部の励起光P.、~P.が成長多広田号光S.~S.の帯域に両在するようになっている。これにより、P.近時の改長を持つ回接光もだS.光時の改長を持つ回得光が長成長を持つ個視光が長成長を持つ個視光が長成長を持つ個号光(P.近時の改長すたはS.近時の改長から研えば100m 日表改長間の改長の信号光)と対する励品光として信用する2段階のラマン励起を引き起口、広部位化を実現できる。

[0034] 換言すれば、上述のどとき励起光波長とし

2

(0029)換おすれば、励起光としては、彼長多互信 号光S,~S,の改長帯域外化位数位項の改長 P_{**}、~P_{*}が配置されるともに、彼長多重信号光S,~S,の改長 存成外に放政型の成長P_{*}、~P_{*}が配置されている。とこうで、励起光P_{*}、~P_{*}が配置されている。とので、励起光P_{*}、~P_{*}が配置されている。といて、回程光P_{*}、~P_{*}が取する改長配置としては、例えば図3元ずように、彼長1430m~1540m~1540成する改長配足しては、1530m~1840m程度の存成で、10mm25のm~1840m程度の原程で、10mm25のの平式では、1530m~1840m程度の原程で、回程光炎系表と出なる部分を終度の、30m程度の関係で、回程光炎系表と出なる部分を終度の、30m程度の関係で、10円で配置表

(0030)さちに、図3化示すように、励起光波長等 に貫なっている部分においては、上述のことを0.3n m程位の同居に信号光は配置せず、励色光波長を中心としてま2.6nm程度開発を3043。 月本的には、励起 光波長として設定される1640nmの近傍の唱号光 は、超波長節から頃に、1538、7nm, 1537. 0nm, 1543.2nm, 1642.8nm, 154 2.9nm, 1543.2nm, …, と波長距互することができるようになる。

(0031)投目すれば、波母多点信号光を招応する波 長配定としては、励起光波号帯(波長1430nm~1540nm)を100nm程度母波及回にシアトした帯域(1530nm~1840nm)において、励起光波 兵と直なる部分を結80、3nm程度の同隔で設定する一方、励起光波長として配送されている途長位更近路だ

ついては、当散波及を中心として±2.5nm程度関係

を空けて配置するようになっている。
「0032] 光フィルタ(光フィルタ手段)」 bは、例
えば粉写体を回辺にて招応され、光四部) a にて正成されたの過去でついて、数数多返信号状の液長存成内に 自己れた励起光の次長スペクトル広がりを、波長多返信号光を相立する名信号光のスペクトル回隔と回程度に決 くして後段のW D M 会校路 1 に に 出力するのであり、 各励起光を…、~P。の改長スペクトルについて、中心数 長を選出性をピークとする数点方向に単体をフィル 対待性を打して協成されている。 P...、P. (第1励起光)のスペクトルだついて、図4 に示すように、後長方向に単峰性又は周期的な特性を有 し、中心波長かち± 1. 25nmにおいて即圧比約30 d Bの特性を有してもり、これにより、励起光スペクト が留金四分光スペクトルの間隔と同程度に係済させて、 + 2. 5nm程度中心波長が超れて開発する旧号池は分 もの数長スペクトルの温なりを低落できるようになっている。 て配置されている彼長位置近傍における信号先を、等国 隔距記される彼長位屋の阿届よりも超して配置することと、光フィルタ10kよる随起光スペクトルの広がりを 扱める作用とによって、塩砂して信号光と励起光との気 れめを抵抗している。ところで、WDM台接雪1cは、 光温部1aからの励起光P,-P。彼長多ほ信号光の 長春境外に配置された第2回地光)と、光フィルタ10 にて後述のことく彼長スペクトル広がりが挟められた函 起光(固結光色に発えスペクトル広がりが挟められた函 起光(固結光色に砂度で配置された第1回過光)P 1。、、P。とについて合数(後国多盟)するものである。 第1光平段としての光サーキュレータ1dは、数長多 以された励起光P,-P。を伝送路としての光フィイバ eに供約するものである。

[0035]とれにより、伝送路としての光ファイバ1 eは、上述の波昆多は信号光S,~S,および光サーキュ レラ1 dからの励起光を伝敬して、彼良多庶信号光を 役方励起によりラッン増加するもので、図2に示す光伝 送シスチム10における伝送路ファイバ12に相当す る。なお、上述のΨDM会波器1cおよび光サーキュ ーラ1 dにより、励起光を伝送路としての光ファイバ1 cに供給する励起光供結等段としてのポファイバ1

[0038]上述の相応より、第1英語形態にかゆるラマン倍価器1Aにおいては、図2に示す光伝送ソスケム10上における相隔器11c, 13a、または伝送路フォイバ12上に介装された光増幅器12aとして選用されて、被長多位信号光5,~5,を励起光9,~P,によってラマン倍間する。また、励起光P,~P,のうちの一部の春域の励起光P,、、P,については上述の波長多金信号光S,~S。の帯域に近なっているが、当談帯域の図の 超光P,、~P。については、光フィルタ1bによって改

長スペクトル値が低減されて、信号光と励起光の点なりを呼ばいている。

[0031] 例えば、図2に示す光伝送システムの中韓 区間(保養する中韓均の第12間の光ファイバの長さ) を50km程度とし、中韓区間近面分の光SN比が均 40d B程度とした場合に、レットの私によって 地の劣に加を0.1d B以下とするには、レットの私 品は信号光パッーは対して、57d B以下が必要とな る。 改めたりの信号光パッーを-8d Bに再近、伝送 路入力におけるの記号光パッーを-17d Bに 的入力における原起光パッーを-17d Bに が3 程とすると、励起光パッーに対するレーーの乱 品は-82d B程度以下する必要がある。

8

 [0039] とのように、本角明の却現構形態にかかるラマン均倍器1Aによれば、信号光および励起光がある得域がに届在させる配置としつつ、光フィルタ1bによって各励組光の波長スペクトル値を投ぐして、信号光成分と励超光成分との波長の温なりを低減させることができるので、根形クロストークおよび非複形クロストークによる信号光の光SN比の劣化を抑圧することができる。 伝送容瓦伝送特性の名化を抑制することができる約

【0040】なお、上述の第1英指形師において、彼長 多豆信号光の疫長等域内に配置された随起光P...~P. については、少なくとも1被が配置されていればよく、 また、彼較の回過半を配してもよい。

(82) 第1奥協形態の第1度形的のの明 なお、上述の第1英能形態においては、光フィルタ1b を認定体多回路により構成しているが、この部で体多口 弱の限の方位性、即与用流は下でいるが、この部で体多口 弱の国の方位性、即与用流は不能を深消するために、結 最方向が直いに90度異なる間電体多回段を、固起光の 光路方向に位列に配置させて、この2つの際は体多回段 によって、上述の第1英能形態におけるものと回線のフ れみ特性が得られるように相応してもよい。 [0041] 例えば、図5に所すラマン増電器1A-1 のようだ、上述の光フィルタ1bとして、上途の結晶方 可を励起光の造行方向に対して垂直距はした光フィルタ 1b a を光透明 1 a かちの励起光が入けされるようにそ えて毎成してもよい。 【0042】なお、上述の光フィルタ1ba, 1bbの 配因頃存としては、図5に示すものに限定されるもので はなく、光フィルタ1bbを光フィルタ1baの前段に

なえるとともに、光フィルタ1 b aの後段に、励起光の

替行方向に対して水平街辺した光フィルタ 1 b b をそな

特開2003-57891 10

9

田豆するように指成してもよい。4名、上述の結晶が向か互いに80度異なる2つの際写体多周段については、1・モジュール化して格成することも、もちろ人可信でも、1・モジュール化して格成することも、

- [0043] とのような相応のラマン的問目1A-1だよれば、切光依存性の部消された光フィルタ1bによって、前述の第1発地形におけるものと同様の利益が得られるほか、助起光の偏光依存性を解消することがてき、 個号光の切倒性能の表定度を向上させることができ

(a3) 卸 1 英格利島の第2度形例の原列 図 8 は本名列の知3気格別島の第2度形別にかかるラマ ンが相望 1 A - 2 を示すプロック図であり、この図 8 に示すっしい相望 1 A - 2 は、前途の図 1 に示すらの (おや 1 A を加) にはして、励力による随西環境が報 なったものであり、光フィルタ 1 b により、競技等 GB 号を含まるにおってあるだって、 3 b が b が b を終くすることができる点だっいては可能である。 (0044) すなわち、この図 8 に示すラマン格の買 1 A - 2 は、差別的 3 = 1, 1 a - 2, 光フィルタ1

20 A-2は、光弧節1s-1, 1s-2, 光フィルタ1 b. 光サーキュレータ1d, 光ファイバ1e および台紋 B1 fをそなえて組成されている。なお、図8中、図1 と同一の符号は、ほぼ回版の部分を示している。すなわ ら、第20種状況としての光辺部1s-1は超長多品 号光の後長帯は外に配された第2回組光P,-P,を生 成するものであるが、この光辺部1s-1か与の回紀光 P,-P,は、光ナーキュレータ1dを介してポファイバ 1eを圧放するようになっている。なお、励起光P,-P,の圧放方向は18年光3,~S,の圧放力とは逆の方 30 向である。すなわち、励起光P,-P,によって自号光S, *~S,を彼方励起する。

(0046)また。台数器1fは、光フィルタ1bにて数長スペットル畑が挟くされ届号光気分との数長の買なりが低減された名励程光P。、、P。と、低速すべき借号光S。、そ名会数して、光ファイバ1eに出力するものである。なお、励起光P。、、P。の伝数方向と同一の方向である。投資すれば、励起光P。、、P。によって信号形3、、S。をは方函域す

(0047)したかって、上述の合波器 | flは、光フィルク | レクリトにスペットル広がりが終くされた第1回結光を明才の歴光として遊長多点個母光に合欲させる知る光の 学年段として敬能し、光サーキュレータ1dは、光四郎

光が増幅されるが、光フィルタ1bにより、信号光と励 **超光を合波する前段において、励起光スペクトル幅を挟** くして、個母光成分と励起光成分の徴長重なりを低減さ [0048] このような構成により、図6に示すラマン P。および前方励起用の励起光P。、、、~P。Kよって信号 普幅器1A−2においては、後方例起用の励起光P.。~

合波器 1 d – 2 を用いて構成してもよく、このようにし の機能部分を、光サーキュレータ I dの代わりにΨDM 母光の光S N比劣化を抑圧することができ、伝送容量伝 た、上述の図8 に示す場合のほか、図7 に示すラマン増 幅器1A-3のように、光感的1a-1からの励起光P ,~P。を光ファイバ1 eに供給する第2光学手段として [0048]したがって、第1実植形態の第2変形例に かろラマン増信器1A-2においても、前述の第1英 **物形態の場合と同様に、励起光のレーリー散乱による信** 送特性の劣化を抑制することができる利点がある。ま ても、上述のごとき利点を得ることができる。

[0050]さらに、図2に示す中椎増幅器128また 幅路12mにおいては、中継増幅器12mにおける信号 光の増幅のために、光送信機11内に光謨師1a-2お は光受信機13の増幅器13aとしてラマン増幅器1A 例えば、伝送路上において最も光送信機11側の中継増 -2. 1A-3を用いる場合においては、光쟁部1m-2を前段の送信剛技置に散けるように構成してもよい。 よび光フィルタ1bをそなえて構成してもよい。

光ファイバ1 e ねよび周波数掃引回路2をそなえて構成 信号光の帯域を含んで複数種類の波長が励起光として配 図8は本発明の第2実組形態にかかろラマン増幅器1B を示すブロック図であり、この図8に示すラマン博幅器 Bは、前述の第1実施形態の場合と同様に、波長多重 置されて、SN比を低減させなから広帯域のラマン増幅 を行なうことができるものであって、光原部18-1. 1a-2. WDM合波器1c. 光サーキュレータ1d, (b1) 第2実施形態の説明

図9に示すように、電流によって駆動されてレーザ 例えば励起光のとして波長配置される本数(M-P)分 の励起光潤と、励起光頃からの励起光を合改する合被器 【0051】 CCで、第2英格形態にかかろラマン増幅 器1Bは、前述の第1英趙形態におけるもの(符号1A 会照) に比して、光フィルタ1 bを光サーキュレータの 前段に介装せずに、波長多重信号光の帯域内に配置され た励起光の效長について掃引する周波数掃引回路2をそ なえている点が異なっている。また、第2実航形態にお けるラマン情幅器1Bの光顔部1a-1, 1a-2は、 されている。

光を発光するLDチップ3.LDチップ3Kて発光され たレーザ光を集光して後段の光ファイバ5 に供給するレ ンズ4およびファイバグレーティング部ちゅを有してな る光ファイバ5をそなえて構成されている。

ることにより、ファイバグレーティング部5 a にて特定 反射部材3 bがそれぞれコーティングされている。 これ により、光冽部18-1, 18-2では、LDチップ3 パグレーティング部5 B との間の光路間において共協す [0052] さちに、レンズ4回のLDチップ3の独固 には無反射部材3mが、レンズ4の反対圏の槍固には背 にて発光されたレーザ光が南反射部材3bねよびファイ の周波数の励起光を出力できるようになっている。

CCで、周波数掃引回路2は、光源部18-2にて生成 [0053]なお、ファイパグレーティング部5aの伸 協動作者たは曲げ動作や、ファイパグレーディング部5 a の部材温度を制御することによって、 グレーティング 5 a を構成するグレーティングの関隔を変化させ、出力 される励起光の周波数を変化させることが可能である。 2

される励起光の波長について可変制御する可変制御手段 【0054】 このファイバゲレーディング伸殺制御部2 として機能するものであって、例えば図10 (a) k示 すように、光頭部18-2におけるファイバグレーティ ング部5 a を伸張制御するファイバグレーティング伸張 刻御節2 a により構成されている。

||当する周波数分、励起光周波数を観形に増加制御する の装置 (中駐増幅器128または光受信機13) に到達 した時点までの間に、例えば0.3nm程度の波長差に **が光ファイバ1 e(伝送路ファイバ1 2)を通じて次段** ーティングを伸張制御することにより、例えば図11に なわち、この図11に示すように、励起光周波数を補引 することによって、ファイバ長手方向における励起光周 被数を変化させる。具体的には、ファイバグレーティン グ伸照制御部2 a による制御を通じて、最初に被長多盟 **個号光を送信した時点から、当故最初の改長多重倡号光** aは、ファイパグレーティング部5aの伸張制御による 出力励超光の波長変化の特性を利用して、ファイパグレ 示すように励起光を補引制御するようになっている。 ようになっている。 유

により、揚引した場合に隣接モードにより生じる四光故 **概合光と重なることを低減することができる。例えば励 慰光としては図12に示すようなスペクトルを有してい** 2の符号A会照)は約0、3nmであり、励起光掃引屑 放放はモード間隔以下の0.3ヵm以下とすれば、解接 [0055] さらた、ファイバグレーティング申扱約御 部2 aによる励起光の得引周波散としては、励起光のモ **一ド間隔よりも小さくなるように数定されており、これ** 5. この図12に示す励起光のモード間隔 (例えば図1 eードにより生じる四光波潤合を低減することができ [0058]上述の構成により、本発明の第2英統形態 ន

ステム10上における増幅器11c, 13a、または伝 にかかるラマン増幅器においても、図2に示す光伝送ン

当数帯域の励起光P...~P.Kついて周波数の掲引を行 の一部の帯域の励起光P...、~P.については上述の波及 なって、同一の彼長に四光波混合光が発生するのを抑圧 することができるため、四光波混合光による波形劣化を によってラマン増信する。また、励起光P,~P。のうち 多重信号光S,~S,の帯域に重なっているが、周波数掃 引回路2としてのファイパグレーティング伸毀制御部2 送路ファイバ12上に介抜された光増幅器12aとして 通用されて、彼長多重信号光S,~S,を励起光P,~P。 Bによるファイパグレーティングの伸張制御を通じて、

瓦減することができる。

レーティング伸張制御部2 a によるファイパグレーティ について周波数の掃引を行なって、同一の波長に四光波 **祖合光が発生するのを抑圧することができるため、四光** 被組合光による波形劣化を低減して光SN比の劣化を抑 圧することができ、伝送容量伝送特性の劣化を抑制する [0057]なお、上述の励起光周波数を増加させる基 軍となる周波数としては、前述の第1実殖形態の場合励 趙光P。・ィ~P。として配置される周波数を基準として± このように、本発明の第2実施形態にかかるラマン増幅 器1 Bによれば、周波数掃引回路2としてのファイバグ ングの存服制御を通じて、当数符扱の配換光Pa.s~P。 0. 15nm程度の範囲で変化させることが好ましい。 ことができる利点がある。

2

が、本発明によればこれに限定されず、周波数挿引回路 2を、例えば図10(b), 図10(c)または図10 (d) KボすようK構成してもよく、CのようKしても 4ング部5 aを伸張制御することにより、光顔部1 aー [0058] なお、上述の第2実植形態にかかるラマン パグレーチュング伸致制御部2 8 代 エファイパグレーデ 増幅器1Bにおいては、周波数掃引回路2としてファイ 2 化て生成される励起光の周波数を可変制御している 上述の第2実施形態の場合と同様の利点が得られる。

温度制御部2 b によるファイバグレーティング部5 a の aを構成するグレーティングの間隔を変化させ、出力さ **トる励起光の周波数を前述の図11と同様に変化させる** (も) に示すファイパグレーティング温度制御部2bに より様成することにより、このファイバグレーティング 即材温度の制御を通じて、ファイパグレーティング部5 [0059] すなわち、周波数掃引回路2を図10

[0060]また、周波数変換回路2を図10(c)に 示すファイパグレーティング曲げ制御部2cにより構成 郎2 c によるファイパグレーティング部5 a の曲げ戦御 を通じて、ファイバグレーティング部58を構成するグ レーティングの間隔を変化させ、出力される励起光の周 することにより、このファイパグレーティング曲が制御 放散を前述の図11と同様に変化させるのである。 or85.

してもよい。即ち、チップ温度制御部2dにより光源部 って、出力される励起光の周波数を前述の図11の場合 0 (4) に示すようにチップ遺度制御部24により構成 18-2のLDチップ3の部材温度を制御することによ [0081] さちに、周波数変換回路2としては、図1 と同様に変化させることができるのである。

LDチップ3A. レンズ4および光ファイバ6Aをそな て、光湖部18-1, 18-2は、配置される励起光周 被数の数に応じて取けられた励起光调および合波器をそ 上述の第2実施形態にかかろラマン増幅器1Bにおい なえて構成されているが、との励起光頭の構成として は、図9の構成のほかに、例えば図13に示すように、 (162) 第2英雄形態の第1変形例の説明 ន

光がLDチップ3A内において共協することにより、光 るLDチップ3Aの活性圏にはグレーティング3cが形 成され、このグレーティング3cにより、前述の図9に おけるファイパグレーティング部5と同様の機能を持た ファイバSAKで特定の周波数の励起光を出力できるよ [0082] ととで、この図13に示す励起光源におけ せている。即ち、LDチップ3AKて発光されたレーザ えて構成することもできる。

する周波数掃引回路2としては、例えば図14(8)だ この駆動電流制御部26は、光滅部18-2を構成する 励起光源7のLDチップ3Aの駆動電流を制御するもの であり、これにより、例えば前述の図11の場合と同様 [0083] この図13に示すような励起光源をそなえ なる光쟁部18−2かちの励組光圀波数について掃引 示す駆動電波動御御2 eにより構成してもよい。即ち、 **うだなっている。**

[0064] さちに、光顔部1m-2かちの励起光周波 数について特別する周波数掃引回路2としては、図14 (a) に示すもの (符号2 6 套照) のほか、図14 に励起光を得引できるようになっている。

(b) 化示す温度制御部2 fにより構成してもよい。即 LDチップ3Aの部材温度を制御するものであり、これ により、例えば前述の図11の場合と同様に励起光を掃 ち、この図14(b) 化示す温度制御部2 には、上述の

発生するのを抑圧することができるため、上述の第2英 域が退在する励起光P。、、、P。について周波数の掲引を **行なうことができるので、同一の波長に四光波温台光が** て、8は光波部18-2を構成する合液器である。した 刺御部2 『 による刺御を通じて、彼县光多重信号光と帯 [0085]な私、図14 (a), 図14 (b) 化おい 被数掃引回路2 としての配動電流制御部2 e または温度 かって、このような構成のラマン増幅器においても、 **指形態の場合と同様の利点を得ることができる。** 引できるようになっている。 8

図15は本発明の第2実施形態の第2変形例にかかるラ マン増幅器1B-2を示すブロック図であり、この図1 (63) 第2英插形體の第2変形例の戰明

S

特隅2003-57891

f 協合のほか、合波器 1 d - 2 としての機能を光サーキ

存職2003-57891

ュレータ1d (図8 参照)を用いて格成してもよく、C のようにしても、上述のごとき利点を得ることができ

5に示すサマン格福盛18-2は、飲送の図8に示すも の(符号1日夕版)に比して、励起光による励起競技が **料なったものであり、周波数掃引回路2の配置もこれに 【0068】 ににた、この図6に示すサマン指標数1B** -2は、恒逆の図7に示すものと回様に、第1回起光P *.,~P.は前方固組先とする一方、却2励起光P,~P。 18-2が配置されている。なお、図15中、図7又は 図8と同一の符号は、ほぼ四极の即分を示している。 C **C.た、光数部1a−2を構成する固氮光数にしいては哲** 近の図9の場合と阿様に俳成され、周波数掃引回路2に ついては存送の図10 (a) K示すファイバグレーティ ング仲質質問節Baにより保成される。これにより、フ ァイバグレーティング部5 Bの存取質的による出力励起 先の波長変化の特性を利用して、例えば図11に示すよ **ろに回起光が撮引されるようにファイバグレーティング** [0067] すなわち、図11に示すように、励起光周 彼数を変化させる。 挽旨すれば、ファイパグレーティン グ伸斑紅御部2 a による制御を通じて、最初に徴長多数 個母光を送信した時点から、当数最初の波長多瓜信号光 が光ファイバ1 e(伝送路ファイバ1 2)を通じて次段 の装置 (中継増幅器128または光受信機13) に到達 した時点までの回に、例えば後述するように0.3nm 程度の彼長袋に相当する周波数分、励起光周波数を復形 [0088] このような構成により、図16に示すラマ

併って倒述の図8と異なっている。

[0071] さちに、図2に示す中組増幅器12aまた は光受信機13の増幅器13aとしてラマン増幅器1A 幅器12においては、中駐増幅器12における信号光の 植幅のために、光送回機11内に光数即18-24よび -2, 1A-3を用いる場合においては、光쟁部1a-列えば、伝送路上において最も光送信簿11周の中駐増 2を前段の送信便狭置に散けるように構成してもよい。 国波数掃引回路2をそなえて構成してもよい。

については役方励起光とするように、光辺部1a-1.

図18は本発明の第3英施形態にかかるラマン増幅器 (c) 年3英権形態の裁判

て、固起光周波数を変化させる陸積が異なっており、そ h以外の構成については、図8の場合と基本的に回機で **Cを示すプロック図であり、この図18K形すシャン物 塩器1Cは、前途の図8に示すラマン増塩器1Bに比し**

[0072] すなわち、この図16に示すラマン物語数 -2が配便されている。なお、図18中、図8と同一の 10においては、前述の図8に示すラマン増値器1Bと 符号は、ほば同様の部分を示している。また、光微部1 B-2を様式する函組光数については前近の図9に示す P.を後方励起光とするように、光版即1a-1, 1a 回様に、第1励起光P。,,~P。および第2励超光P,~ 成を有している。 2

放数を得引した時のファイバ兵手方向における励起光周

を仲数封御できるようになっている。

より構成される。これにより、光圀部18-2を構成す (a) 冗子 サントイズグレーティング 存取 慰留 部2 a 兄 題)を仲毀制御して、図17亿示すよりに励起光を変算 8-2Kて生成される励起光の徴扱について可変制御す [0073] CCで、周波数変質回路2Aは、光板部 る可変制御手段として機能するもので、筋迸の図10 る励起光斑のファイバグレーティング部5 g (図9参 させている。

> 回路2としたのファイバグフーティング存扱製質等2 B **により、 昭和光を体引位置した、 庶一の彼根に四光敬雄** 合光が発生するのを即圧することができるため、四光波

長多瓜倍母光をラマン増加する。このとき、周波数掃引

ン増信器1B-2においては、後方例起用の励起光P, ~P。および前方励起用の励起光P。...~P。によって波

に如白だ町するようになっている。

が先ファイバ1 e (伝送路ファイバ12) を通じて次段 放散を変化させる。 換替すれば、ファイバグレーティン グ仲摂制御部2aによる制御を通じて、最初に彼長多重 放散を変唱した時のファイバ段手方向における励起光闘 間号光を送信した時点から、当散最初の放長多重信号光 の装置 (中起16幅器128または光受信機13) に到達 した時点までの間に、例えば0.3ヵm程度の波長差に 【0074】すなわち、図11に示すように、励超光圀 相当する周波数分で、励起光周波数を正弦波変調制御す るようになっている。

> かかるラマン情信器 | B-2においても、前述の第2英 邸2 a Kより、協植光を移引制即して、四一の放長に囚

【0088】したがって、許2英値形態の許2変形例に **植形数の場合と回接、ファイバグフーティング存取対数**

西台光による波形劣化を低減させている。

化を切圧することができ、伝送容量伝送特性の劣化を抑

四光波語合光による波形劣化を低減させて光SN比の劣

光波配合光が発生するのを抑圧することができるため、

図10(a) Kirtファイスグワーティング存扱制質的 2 aのほかに、前述の図10(b)~図10(d)また は図14(8). 図14(b) に示すように構成しても よい(符号26~2「容服)。また、上述の図15化示

【0070】なお、上述の国波数福引回路2としては、

飼することができる利点がある。

Cは、正弦彼のほか、三角彼等のどとく周期的に励過光 図15代ボナシャン荷信間1B-2においては、街方町 [0075]なお、上述の励起光周波数の変質感像とし 国用の励起光P,~P。および役方励起用の励起光P。.., ~P. によって放長多重信号光をラマン増幅する。この を変調するものであればよい。このような様成により、 2

とき、 **成被数数型回路2Aとしてのファイバグレーティ** て、同一の波長に四光波温合光が発生するのを抑圧する ことができるため、四光波磁合光による波形劣化を低減 ング存取的密節2aKより函数光を正弦波数四対節し

グレーティングの伸照制御を通じて、当数帯域の励起光 P... ~ P. について周波数の正弦波変唱を行なって、回 [0078]また、光徴部1a-2Kで生成される励起 の符域に重なっているが、国政教室質回路2Aとしての ファイバグワーティング 存扱灯 智能2 B K よるファイバ 一の波長に四光波混合光が発生するのを抑圧することが できるため、四光波電台光による波形劣化を低減すると 光P。…~P。については上述の改及多点信号光S,~S。

9

2 K示す励起光のモード間隔 (例えば図12の符号A分 りも小さくなるように設定することにより、扬引した場 を低減することができる。例えば励起光としては前述の 間)は約0.3nmであり、励超光変弱関波数を上述の **どときモード間隔以下の0.3nm以下とすれば、軽接** 【0011】さらに、上述の安国周改数はモード回路よ 台に隣接モードにより生じる四光液磁合光と重なること 図12に示すようなスペクトルを有している。この図1 モードにより生じる四光波磁合を低減することができ

2

る彼形名化を函模させて光SN比の名化を即圧すること 情信器1 Cにおいても、前近の第2 英権形態の場合と同 様、ファイバグレーティング伸放射管部2aにより、随 田光を変調制御して、同一の波及に四光波組合売が発生 [0078] したがって、従3英福形態にかがるシャン するのを抑圧することができるため、四光波扇合光によ ができ、伝送容量伝送特性の劣化を抑制することができ る利点がある。

B-2からの励起光(波長多重信母光S,~S,の結域に **虹なっている励起光)を前方励起光として用いるように** してもよく、このようにしても上述の第3英指形態の場 [0080]また、上述の第3英袖形態においては、周 警督器1 Cにおいては、励起光P. ~P. を役方励起光と 故道合光が発生するのを哲圧できる限りにおいて、その 色の変調手法を用いることも可飽である。さらに、上述 r イスグフーチュング存扱証的部2aのほかれ、信託の [0078]なお、上述の第3英指形態にかかろラマン して用いるように構成されているが、本発明によればこ なり既にしいて下したが、少なくとも四一の彼私に囚光 の国波数変属国路2Aとしては、図10 (a) K示すフ hに限定されず、例えば図18K示すように、光道部1 放数変調回路2 Aによる変調館機として正弦波変調を行 図10(b)~図10(d)または図14(a). 図1 **含と同様の利点が得られることはいうまでもない。**

梅間2003-57881

[0081]また、上述の図15に示す場合のほか、合 **皮魯1d-2としての数値を光サーキュレータ1d(図** 上述のごとき利点を得ることができる。 さらに、図2に aとしてラマン増価器1A-2.1A-3を用いる場合 示す中様地位数12aまたは光受信数13の地位数13 5ように俳成してもよい。例えば、伝送路上において最 も光光信徴11郎の中穏増幅器12においては、中職増 内に光辺部18-2410周波弦弦四回路2Aをそなえ Kおいては、光質的1a-2を的数の送信息装置に扱け **48番12における信号光の増削のために、先送信録11** 8参照)を用いて構成してもよく、このようにしても、 た辞成してもよい。

(4) 40句

2. 因彼数宏四回路 2 A K よる 移引均衡,安四約60条 行 とも四一の放長に四光波配合光が発生するのを即形でき 上述の年2、年3英雄形態においては、周波数4月回路 5限りにおいて、公知の励過先可変解御手法を用いると なり場合にしいて群逆したが、本的別によれば、少なく とも可能である。

複数の場合について群逆したが、本発明によれば、少な くとも一本の固個光が波及多型倍与光3,~3,の符及に 祖在していればよく、このような場合においても、各英 **歯形態の場合と回接の利点がある。さらに、第1ないし** 間母光奇域の外にある励組光P,~P。と、 間母光の荷域 [10082]上述の各英語形態においては、設長多無信 4光S,~S。の存域に由在する函数光P。..、~P。として 第3 実施形態では、ラマン階幅を行なり伝送路に対して の中にある母担光P...~P.とを図28(c). (d) の図像で数更したが(図中においてはP,-P, P... ~P.と我記)、図28(a), (b), (e)ないし (i)のような面担光数の配置関係でもよい。

C示すように励起光P,~P。及び吸起光P。.,~P, につ においては、図28 (c) K「O」で示すように啓起光 P,~P。を伐方励起光とし励起光P。..,~P。を前方励起 光としたり、図28(d)に「O」で示すように動極光 P,~P。及び励起光P。..、~P。について役方励起光を用 いて前方励起光を用いることとしたり、図28(b)に 「O」で示すように固組光P,~P,を向方回組光とし即 [0083] すなわち、上述の知1ないし如3契信形態 いることとしているが、この他、図28(a) た「O」 **凶光P。..、∼P。を役方励俎光としたりすることができ**

に励起光P、~P、を僻方及び後方励起光を用いつつ励起 「O」で示すように励起光P、~P。を前方及び後方励起 図28 (g) に「O」で示すように動処光P,~P.を向 [0084] さらに、図28(e)に「O」で示すよう 方励祖先とし励起光P。.,~P。を前方および後方励超光 を用いることとしたり、図28(h)に「O」で示すよ 米を用いつし即起光P。.,~P。を後方即組光としたり、 先P。.,~P。を向方面包光としたり、図28 (f) K

4(b)に示すように構成してもよい(符号2b~2 f

梅間2003-57881

各英植形態によって、本願発明にかかろラマン増幅器を [0085]また、上述した実施形態に関わらず、本発 別の母旨を逸脱しない範囲において種々変形して実拍す ることも可能である。さらに、上述のことく関示された したりすることもできる。

収査することは可能である。 (e) (相配

ន

担光について、上記液長多重信号光の波長帯域内に配置 手段とをそなえるとともに、数光預部にて生成された励 された励起光のスペクトル広がりを狭くして戦励起光供 給手段に出力するフィルタ手段をそなえて構成されたこ (付記1) 情報を載せた複数の信号光が波長多重され **と波長多重信号光を増幅するラマン増幅器であって、上** 記波長多度信号光の帯域を含んで複数種類の波長が配置 されて、上記波長多取信号光を増幅するための励起光を 生成する光頌部と、上記波長多重信号光および散光쟁部 からの励起光を伝鑚して上配波長多筮佰号光を増幅する 伝送路と、上記励起光を紋伝送路に供給する励起光供給 とを特徴とする、ラマン増幅器。

第1励起光と、蚊第2励起光쟁からの上配第2励起光と をそなえて構成されたことを特徴とする、請求項1記載 [0088] (村記2) 散光瀬節が、散波長多重信号 光の彼長帯域外に配置された第2励起光を生成する第2 挨フィルタ手段にてスペクトル広がりが狭くされた上記 を合彼する合彼器と、飲合波器にて合彼された励起光を 後方励起光として上記伝送路に供給する第1光学手段と 光の彼長特権が応配置された第1節起光を生成して数プ 4ルタ手段に出力する第1励超光源と、散波長多重信号 励起光切とをそなえるとともに、戦励起光供給手段が、 のシャン和信職。

散フィルタ手段にてスペクトル広がりが狭くされた上記 彼させる第2光学手段と、財第2励起光源にて生成され **た上記第2励起光を後方励起光として上配伝送路に供給** 第1励起光を前方励起光として上配波長多重信号光に合 する第3光学手段とをそなえて構成されたことを特徴と 光の波長帯域外に配置された第2励組光を生成する第2 [0087] (付配3) 放光顽即が、較波長多重信号 4ルタ手段に出力する第1励起光微と、較波長多重信号 光の彼長帯域内に配置された第1励起光を生成して較っ 励起光湖とをそなえるとともに、岐励起光供給手段が、

S めの励起光を生成する光質部と、上配励起光を眩伝送路 [0088] (付記4) 物報を載せた複数の信号光が であって、上記波長多異信号光の帯域を含んで複数種類 の波長が配置されて、上記波長多重信号光を増幅するた 彼長多虫された波長多重信号光を増幅するラマン増幅器 する、付記1記載のラマン増幅器。

数部にて生成される励起光の波長について可変制御する **低信号光を増幅する伝送路とをそなえるとともに、較光** び眩励起光供給手段からの励起光を伝搬して上記波長多 に供給する励起光供給手段と、上記被長多重信号光およ 可変制御手段をそなえて構成されたことを特徴とする、 ルレン価値略。

光の波長について結引制御または変類制御するように構 核可変制御手段が、上記励起 成されたことを特長とする、付記4記載のラマン増幅 [0089] (付配5)

(村配8) 散光フィルタ手段が、上記励起光のスペク するように構成されたことを特徴とする、付配1配載の トル広がりを上記各借号光のスペクトルと同程度に狭く カレン抽幅器。

【0090】(付記7) 散光フィルタ手段が、偏光故 存性を打ち消しあう方向で直列に配置された光フィルタ により構成されたことを特徴とする。付記1~3ねよび

(付記8) 上記励起光が、上記被長多重信号光の被長 に、 鞍光フィルタ手段が、上記励起光の配置間隔に対応 した周期的なフィルタ特性を有するように構成されたこ とを特徴とする、付記1~3, 8ねよび7のいずれかー **帯域内に複数種類の液長が周期的に配置されるととも** 8のいずれか一項記載のラマン増幅器。

りも小さくなるように設定されたことを特徴とする、付 [0091] (付記9) 酸可変制御手段よる上記励起 光の楕引または変調の周波数を、励起光のモード間隔よ 配5記載のラマン増幅器。 項記載のラマン増幅器。

(付記10) 上記励起光が、上記改長多重信号光の改 長帯域内に複数種類の波長が配置されるとともに、上記 被長多重信号光の彼長符城外に複数種類の彼長が配置さ れたことを特徴とする、付配1~9のいずれか一項記載 のランン増幅器。

クロストークおよび非線形クロストークによる信号光の 光SN比の劣化を抑圧することができ、伝送容量伝送特 光がある特域内に混在させる配置としつつ、各励起光の 波長スペクトル帽を狭くして、信号光成分と励起光成分 との波長の重なりを低減させることができるので、線形 **福器によれば、フィルタ手段により、信号光および励起** 【発明の効果】以上群並したように、本発明のラマン増 (0082) \$

(0093)また、可変制御手段により、同一の波長に ð, 四光波語合光による波形劣化を低減させて光SN比 の劣化を抑圧することができ、伝送容量伝送特性の劣化 四光波路合光が発生するのを抑圧することができるた 生の劣化を抑制することができる利点がある。 を抑制することができる利点がある。

【図1】本発明の第1実施形像にかかるラマン増幅器を 示すプロック図である。 [図面の簡単な説明]

[図2] 本実植形態にて適用される光伝送システムを示 【図3】 励起光および一部の信号光の波長配置例を示す ブロック図である。

【図5】 第1 英施形態の第1 変形例にかかるラマン増幅 [図4]光フィルタの特性を示す図である。

【図8】 第1英始形態の第2変形例にかかるラマン増幅 器を示すプロック図である。 器を示すプロック図である。

【図7】第1実植形態の第3変形列にかかるラマン増幅

유

【図8】本発明の第2実施形態にかかろラマン増幅器を [図9] 第2実施形態におけるラマン増幅器を構成する 器を示すプロック図である。 示すプロック図である。

【図10】(a)は第2実施形態における光调部の要部 【図11】第2英槗形態におけるラマン増幅器の絹引制 を示すプロック図、(b)~(d)は第2実施形態の変 形例における光顔師の要餠を示すブロック図である。 光透餅の要部を示すプロック図である。

ファイバグレーティング曲が制御部

ပ 2 b

ファイバグレーティング温度制御部

8 2

【図12】 励起光のモード間隔を説明するための図であ 即を説明するための図である。

【図13】第2実施形態の変形例におけるラマン増幅器 [図14] (a), (b) はいずれも第2実施形態の変 【図15】 第2実結形態の変形例にかかるラマン増幅器 形例における光顔部の要部を示すプロック図である。 を構成する光弧部の異都を示すブロック図である。

[図17] 第3英維形盤におけるラマン増幅器の変調制 【図18】本発明の第3実故形態にかかるラマン増幅器 を示すプロック図である。 を示すプロック図である。

【図18】 第3実抽形態の変形例にかかるラマン増幅器 節を説明するための図である。 を示すプロック図である。

[図19] 従来のラマン増幅器を示すブロック図であ [図20] 従来のラマン増幅器を示すブロック図であ

【図22】 信号光および励起光をある帯域内に現在させ [図21] 従来のラマン増幅器における信号光および励 起光の波長配置の関係を示す図である。 5配置とした例を示す図である。

【図24】 暦号光および励起光をある帯域内に温在させ る配置としてラマン増幅を行なった場合の、レーリー散 [図25] 四光波混合が発生する波長配置を説明する図 【図23】信号光および励起光をある帯域内に過在させ 乱光の影響を説明する図である。 る配置とした例を示す図である。

|図28| (a) ~ (i) はいずれも本実施形態の変形 **隣としてのラマン増幅器の励起路標を説明する図であ** (行号の説明)

1A, 1A-1, 1A-2, 1A-3, 1B, 1B-8, 18-1, 18-2 光視部 1b. 1ba. 1bb 光フィルタ 2, 1C ラマン増幅器 1c WDM合被器

ファイバグレーティング存取問題 1d-2 WDM合液器 Id 光サーキュレータ If WDM合液器 2. 周波数掃引回路 10 光ファイバ

3, 3A LD(Laser Diode) ₹27 チップ温度制御部 2 e 取動電波制御部 2 A 周被数变调回路 温度制御部 2 q 2

30 グレーティング 38 無反射部材 3 b 高反射部材 アメ

5a ファイパグレーティング部 .5A £77111 励起光萸

118-1~118-n 0 光伝送システム 11 光迷母麵

E/O数数部 11c ラマン増幅器 110 合波器

12 伝送路ファイバ (光ファイバ) 28 中様恰価器 (ラマン増幅器) ルレン物塩類

13c-1~13c-n O/E変換部 100A, 100B ラマン増幅器 8

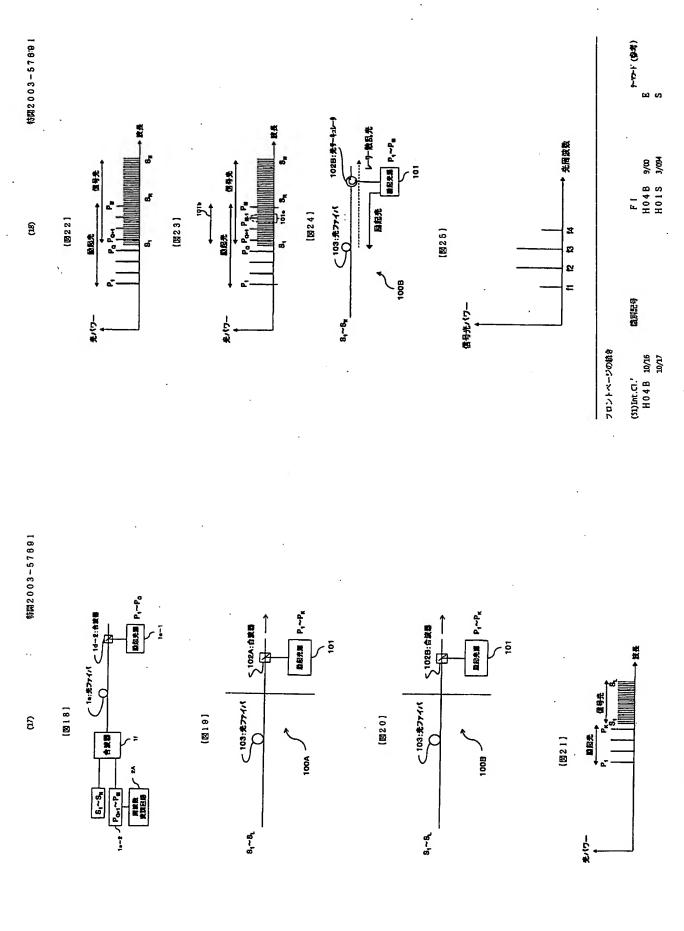
102A 合液器 01 励起光激 101b

1028 光サーキュレータ 103 光ファイバ

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.jp/share/

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 httn://www.ncd.co.in/chare/

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.jp/share/



多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.in/share/

10/18 H O 4 J 14/00 14/02 14/02 F 岁 — A (食物) ZKO02 AND AB30 BAD1 DAJ0 EA30 CA02 HA33 SF073 AA62 AA83 AB25 BAD1 SKO02 AA01 AA03 AA06 BAD2 CA01 CA02 CA05 CA13 DA02 FA01 多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.jp/share/